

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-336975  
 (43)Date of publication of application : 07.12.2001

(51)Int.Cl.

G01H 11/06

(21)Application number : 2000-158937

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 29.05.2000

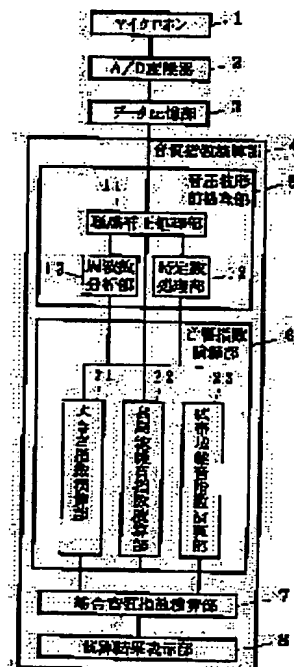
(72)Inventor : UDAGAWA KOJI  
 KUROSAWA YUMIKO

## (54) TONE QUALITY EVALUATING APPARATUS AND TONE QUALITY EVALUATING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a tone quality evaluating apparatus and tone quality evaluating method capable of evaluating the total tone quality of sound such as noise generated from office apparatus taking influence exerted on the subjective sense of man.

**SOLUTION:** When a digital signal of sound to be evaluated is input to a tone quality index computing part 4, pre-processing required for computing the acoustic indexes of various kinds is conducted by a waveform pre-processing part 5, and then plural acoustic indexes are computed by an acoustic index computing part 6. At this time, not only a sound loudness index is computed by a loudness index computing part 21, but influence of noise upon the subjective annoyance and discomfort is taken into consideration to compute a high frequency pure sound index and a broad band noise index in a high frequency pure sound index computing part 22 and a broad band noise index computing part 23, respectively. According to the obtained loudness index, high frequency pure sound index and broad band noise index, a total tone quality index is computed by a total tone quality index computing part 7 to display the result on an arithmetic result display part 8.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-336975  
(P2001-336975A)

(43) 公開日 平成13年12月7日 (2001.12.7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 1 H 11/06

識別記号

F I  
G 0 1 H 11/06

テーマコード(参考)  
2 G 0 6 4

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2000-158937(P2000-158937)

(22) 出願日 平成12年5月29日(2000.5.29)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社  
東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 宇田川 浩二

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン  
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 黒澤 由美子

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン  
テクなかい 富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 100101948

弁理士 柳澤 正夫

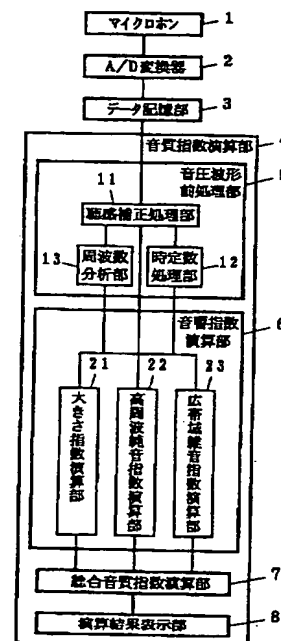
Fターム(参考) 2G064 AA12 AB15 BA02 BD17 CC41  
DD15

(54) 【発明の名称】 音質評価装置及び音質評価方法

(57) 【要約】

【課題】 事務機器等から生じる騒音などの音について、人の主観的な感覚に与える影響を考慮した総合的な音質の評価が可能な音質評価装置及び音質評価方法を提供する。

【解決手段】 評価すべき音のデジタル信号が音質指数演算部4に入力されると、波形前処理部5で各種の音響指数の演算に必要な前処理を行った後、音響指数演算部6で複数の音響指数を演算する。このとき、大きさ指数演算部21で音の大きさ指数を演算するだけでなく、騒音の主観的なうるささや不快さに及ぼす影響を考慮し、高周波純音指数、広帯域雑音指数をそれぞれ高周波純音指数演算部22、広帯域雑音指数演算部23において演算する。そして、得られた大きさ指数、高周波純音指数、広帯域雑音指数に基づいて、総合音質指数演算部7で総合音質指数を演算し、演算結果表示部8に表示する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 評価すべき音のデジタル信号に対して音響指数の演算に必要な聴感補正及び分析処理を行う波形前処理手段と、該波形前処理手段の出力に基づいて複数の音響指数を演算する音響指数演算手段と、該音響指数演算手段で演算された複数の前記音響指数から総合的な音質指数を演算する総合音質指数演算手段を有し、前記音響指数演算手段は、少なくとも、音の大きさに関わる音の大きさ指数を演算する大きさ指数演算手段と、広帯域雑音に関わる広帯域雑音指数を演算する広帯域雑音指数演算手段と、純音成分の高周波重みに関わる高周波純音指数を演算する高周波純音指数演算手段を有していることを特徴とする音質評価装置。

【請求項2】 前記音の大きさ指数演算手段は前記大きさ指数として少なくともラウドネスレベルを演算し、前記広帯域雑音指数演算手段は前記広帯域雑音指数として少なくとも周波数特性の近似直線の傾きを演算し、前記高周波純音指数演算手段は前記高周波雑音指数として少なくとも周波数特性上の複数のピークに重み付けした平均周波数を演算することを特徴とする請求項1に記載の音質評価装置。

【請求項3】 前記音響指数演算手段は、さらに、音圧変動指数を演算する音圧変動指数演算手段と、純音変動指数を演算する純音変動指数演算手段と、低周波純音指数を演算する低周波純音指数演算手段と、低周波雑音指数を演算する低周波雑音指数演算手段のうち少なくとも1つを有することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の音質評価装置。

【請求項4】 評価すべき音のデジタル信号に基づいて少なくとも音の大きさに関わる音の大きさ指数、広帯域雑音に関わる広帯域雑音指数、純音成分の高周波重みに関わる高周波純音指数を含む複数の音響指数を演算するステップと、演算した複数の前記音響指数から総合的な音質指数を演算するステップを有することを特徴とする音質評価方法。

【請求項5】 評価すべき音のデジタル信号に基づいて少なくとも音の大きさに関わる音の大きさ指数、広帯域雑音に関わる広帯域雑音指数、純音成分の高周波重みに関わる高周波純音指数、純音成分の低周波重みに関わる低周波純音指数、低周波帯域雑音の変動に関わる低周波雑音指数、音の大きさの時間変動に関わる音圧変動指数、純音の大きさや周波数特性の時間変動に関わる純音変動指数を含む複数の音響指数を演算するステップと、演算した複数の前記音響指数から総合的な音質指数を演算するステップを有することを特徴とする音質評価方法。

【請求項6】 前記音の大きさ指数として少なくともラウドネスレベルを演算し、前記広帯域雑音指数として少なくとも周波数特性の近似直線の傾きを演算し、前記高周波純音指数として少なくとも周波数特性上の複数のピークに重み付けした平均周波数を演算することを特徴とする請求項1に記載の音質評価装置。

ークに重み付けした平均周波数を演算することを特徴とする請求項4または請求項5に記載の音質評価方法。

【請求項7】 評価すべき音のデジタル信号に対して前記音響指数の演算に必要な聴感補正及び分析処理などの波形前処理を行うステップを設け、該波形前処理結果に基づいて前記複数の音響指数を演算することを特徴とする請求項4ないし請求項6のいずれか1項に記載の音質評価方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば複写機やプリンタといったオフィス機器などの機械から放射される騒音の音質を分析・評価するのに用いて好適な音質評価装置および音質評価方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、エコロジーやアメニティなどへの関心の高まりから、準居住空間ともいえるオフィスに設置される複写機やプリンタなどの事務機器に対しても騒音低減の要望が高まってきている。従来から騒音指標として等価騒音レベル(JIS Z 8731)が広く用いられており、騒音の大きさを定量的に測定することができる。しかしこの等価騒音レベルについては、異種異質の音を比較した場合に、人が聞いた感じと合わないことが報告されている。これは、等価騒音レベルが主に音の強さや大きさを定量化する指標であり、騒音の音質的側面を考慮していないことによるものである。

【0003】特に、電子写真方式による複写機やプリンタなどの事務機器から生じる騒音では上記のような問題が顕著に現れる。これは、オフィス機器の機構が複雑であるため、音源が数100箇所及び、自動車・空調機・家電製品などの騒音と比較して桁違いに多いことが一因となっている。また、音の種類も多岐にわたり、かつ、発生タイミングもさまざまである。このように、騒音が多種多様な音から構成されていることにより、等価騒音レベルと人の感覚との相違が生じてしまうと考えられる。

【0004】図21は、等価騒音レベルと主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種の特機状態および稼動状態で生じる音について、等価騒音レベルを求めるとともに、主観的うるささ、不快さ、耳障り感などの官能評価を行い、両者の相関を調べた。これにより、図21に示すような結果が得られた。図21から分かるように、等価騒音レベルと官能評価値は相関が弱く、相関係数0.65程度の相関しか得られなかった。

【0005】人が音に対して感じる印象は、多くの音質的な成分によって影響を受けている。事務機器から生じる騒音では、多数の音源から様々な音質的な成分の音が発生しており、それぞれの音質的な成分から受ける人の

主観的印象が複雑に絡み合って、総合的な騒音のうるささや不快さに大きな影響を及ぼすことになる。事務機器ではこの影響が大きいことにより、等価騒音レベルなどの音の大きさだけを評価する既存の騒音指標では人が感じる主観的うるささを説明できないものと考えられる。なお、騒音を評価する際、上記のような音の各成分のみを取り出して、同じ種類の音同士を単独で比較評価した場合には、既存の評価指標である等価騒音レベルを用いても主観的なうるささと一致することが報告されている。

【0006】このような音質的な側面からの評価を加えることを試みたものとして、音の鋭さや甲高さを定量化する von Bismarck による sharpness や、騒音の時間的変動の荒さを定量化する Time Varying Loudness, Roughness, Fluctuation Strength などが知られている。これらは、評価の対象とする音質的要素を絞ることにより、より主観的な印象に近い定量的評価を可能にしようという試みであり、この観点からは効果が認められる。しかし、事務機器から生じる雑音のような複数の音質的な要因が複雑に絡み合った総合的な音質評価には適さない。

【0007】例えばラウドネスについて調べてみると、次のような結果となった。図22は、ラウドネスレベルと主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。図21の場合と同様に、一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種の特徴状態および稼動状態で生じる音について、ラウドネスレベルを求めるとともに、主観的なうるささ、不快さ、耳障り感などの官能評価を行い、両者の相関を調べた。これにより、図22に示すような結果が得られた。図22から分かるように、ラウドネスが大きい場合には官能評価と高い相関にあるが、ラウドネスが小さくても官能評価としてはうるささを感じる場合も多く、この部分でのラウドネスレベルと官能評価値との相関は弱い。全体として、相関係数は0.70程度であった。

【0008】総合的な音質を評価する試みとしては、例えば特開平6-66625号公報には、音質成分をラウドネスとシャープネスなどで表して2つの主成分で表現された音質マップを設けておき、評価する音をこのマップと照合することにより、騒音の音質を計算する音質計測装置が開示されている。この装置は、本来の目的である空調調和機の騒音には有用であると考えられるが、前述したような多種多様な音から構成される事務機器等から生じる騒音の音質評価に適用しても効果が乏しい。

【0009】また、例えば特開平6-186077号公報には、騒音レベル、マスキング度、中音低周波度、中音高周波度、騒音レベル超過度から平均嗜好度を求める音質評価装置が開示されている。この音質評価装置では、音の鈍さと快さ、音のカン高さ、騒音レベルなどの

音質項目を総合的に評価することが可能であり、本装置の目的である車両型建設機械の音質評価には有用であると思われる。しかし、事務機器に特有の音の大きさや音色に関する時間的変動の影響を評価することができないため、事務機器等から生じる騒音の音質評価に適用しても効果が乏しい。

【0010】また、特開平6-34430号公報には、音の大きさ、音の高さ、音の長さの官能評価から求めたメンバシップ関数に基づきファジー推論により音質評価を行う音質評価装置が開示されている。この音質評価装置は、音の長さについては評価されるものの、事務機器に特有のうなり音などの変動の影響や広帯域雑音による重苦しさの影響を評価することができないため、事務機器等から生じる騒音の音質評価に適用してもやはり効果が乏しい。

【0011】さらに、特開平10-253442号公報には、騒音の周波数特性を直線近似することにより、高周波雑音の物理量を算出する音質評価装置が開示されている。また、特開平10-267743号公報には、周波数波形のなめらかさから音質を評価する音質評価装置が開示されている。これらも事務機器を構成する主要な音質項目を網羅しておらず、総合的な音質評価には適していない。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述した事情に鑑みてなされたもので、例えば事務機器から生じる騒音などのように、多数の音源から様々な音質的な成分の音が発生している場合でも、人の主観的な感覚に与える影響を考慮した総合的な音質の評価を行うことができる音質評価装置及び音質評価方法を提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、評価すべき音のデジタル信号に基づいて、複数の音響指数を求めて、それら複数の音響指数から総合的な音質指数を演算するものである。本発明において求める音響指数としては、例えば音の大きさに関わる音の大きさ指数、広帯域雑音に関わる広帯域雑音指数、純音成分の高周波重みに関わる高周波純音指数等がある。さらに、純音成分の低周波重みに関わる低周波純音指数、低周波帯域雑音の変動に関わる低周波雑音指数、音の大きさの時間変動に関わる音圧変動指数、純音の大きさや周波数特性の時間変動に関わる純音変動指数などを音響指数に含め、総合的な音質を演算することもできる。

【0014】事務機器から生じる騒音の官能評価を行ったところ、後述するように、音に含まれている純音系成分、広帯域雑音系成分、さらにはうなり音系成分や衝撃音系成分などが気になる音として抽出され、騒音の主観的なうるささ、不快さ、耳障り感などに大きな影響を及ぼしていることが判明した。純音系成分や広帯域雑音系

成分は主に周波数分析結果としての周波数特性上にその特徴が現れ、うなり音系成分や衝撃音系成分は主に時間波形上にその特徴が現れる。一般的に、人は、純音系成分の存在により甲高さを感じ、うなり音の存在により変動感を感じ、低周波成分を多く含む広帯域雑音により重苦しさを感じ、高周波成分を多く含む広帯域雑音によりざらつき感を感じるといわれている。これらの主観的印象が複雑に絡み合って、総合的な騒音のうるささや不快さに大きな影響を及ぼすことになる。

【0015】本発明では、音の大きさ指数だけでなく、音の甲高さや重苦しさ、変動感、ざらつき感など、騒音の主観的なうるささや不快さに及ぼす音質的な成分である広帯域雑音指数、高周波純音指数、さらには、低周波純音指数、低周波雑音指数、音圧変動指数、純音変動指数などの音響指数を求め、これらから総合的な音質指数を演算する。これによって、音の大きさだけでなく、音の甲高さ、変動感、重苦しさ、ざらつき感などが騒音の主観的なうるささや不快さに及ぼす影響も考慮した総合的な音質の評価を行うことができる。そのため、事務機器から生じる騒音のように、各種の音質成分が絡み合った音についても、人の感性に合った総合的な音質評価が可能になる。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態を示すブロック図である。図中、1はマイクロホン、2はA/D変換器、3はデータ記憶部、4は音質指数演算部、5は音圧波形前処理部、6は音響指数演算部、7は総合音質指数演算部、8は演算結果表示部、11は聴感補正処理部、12は時定数処理部、13は周波数分析部、21は大きさ指数演算部、22は高周波純音指数演算部、23は広帯域雑音指数演算部である。

【0017】マイクロホン1は、複写機やプリンタから放射される騒音を検知して電気信号に変換する。マイクロホン1の電気信号出力はA/D変換器2に入力され、デジタル信号に変換される。A/D変換器2の出力はデータ記憶部3に入力されて一時的に記憶される。

【0018】データ記憶部3としては、たとえばDAT (Digital Audio Tape recorder)、MD (Mini Disc)、パーソナルコンピュータに接続されたハードディスク装置や磁気記録装置、半導体メモリなどを用いることができる。このような構成にすることにより、騒音の収録だけを先に実施して、音質指標の演算を後で一括して実施するというオフライン処理が可能になる。オフライン処理では、マイクロホン1、A/D変換器2、データ記憶部3の構成により収録を行い、音質評価の際にはマイクロホン1、A/D変換器2を設けずに構成することができる。もちろん、データ記憶部3を設けず、A/D変換器2で変換されたデジタル信号を音質指数演算部4に入力するように構成してもよい。また、音質指数演算部4に入力する音

のデジタル信号は、上述のようにマイクロホン1等によって収録した音に限らず、コンピュータなどで作成した音データに基づくものであってもよい。

【0019】音質指数演算部4は、入力された音のデジタル信号に対して複数の音響指数を演算し、演算した複数の音響指数から総合的な音質指数を演算する。音質指数演算部4は、音圧波形前処理部5、音響指数演算部6、総合音質指数演算部7、および演算結果表示部8によって構成されている。

【0020】音圧波形前処理部5は、入力された騒音などの音のデジタル信号に対し、次の音響指数演算部6において音響指数の演算に必要な聴感補正及び分析処理などの波形前処理を行う。音圧波形前処理部5は、この例では聴感補正処理部11、時定数処理部12、周波数分析部13から構成されており、聴感補正処理、時定数処理、周波数分析が行われる。

【0021】聴感補正処理部11は、入力された音のデジタル信号に対して聴感補正処理を行う。図2は、聴感補正処理部11の一例を示すブロック図である。図中、31はA特性フィルタである。聴感補正処理部11はA特性フィルタ31を備えており、一般的な騒音計で用いられているA特性聴感補正曲線に基づく聴感補正が加えられる。A特性フィルタ31は、例えばDSP (Digital Signal Processor) を用いたデジタルフィルタとして構成することができる。聴感補正処理部11に入力された音のデジタル信号 $S(t)$ は、A特性聴感補正処理が施されたデジタル信号であるA特性聴感補正信号 $A(t)$ に変換され、A特性聴感補正処理が施されていないFLAT特性のデジタル信号であるFLAT特性信号 $F(t)$ とともに、時定数処理部12、周波数分析部13、および音響指数演算部6に出力される。

【0022】時定数処理部12は、入力される音のデジタル信号から実効値信号を求めて時定数処理を行う。図3は、時定数処理部12の一例を示すブロック図である。図中、32は実効値フィルタ、33はSLOW時定数フィルタ、34はFAST時定数フィルタである。時定数処理部12は、この例では実効値フィルタ32、SLOW時定数フィルタ33、FAST時定数フィルタ34を備えており、一般的な騒音計で用いられている10ミリ秒単位での実効値 (音圧レベル) 演算、およびSLOW、FASTの2通りの時定数による波形の平滑化処理が行われる。実効値フィルタ32、SLOW時定数フィルタ33、FAST時定数フィルタ34は、例えばDSP (Digital Signal Processor) を用いたデジタルフィルタとして構成することができる。時定数処理部12に入力されたA特性聴感補正信号 $A(t)$ とFLAT特性信号 $F(t)$ は、10ミリ秒毎に実効値演算された後、SLOW時定数処理された信号 $LAs(T)$ と $LFs(T)$ 、FAST時定数処理

された信号 $L A f(T)$ と $L F f(T)$ に変換され、時定数処理されていない10msec毎の実効値信号 $L A(T)$ と $L F(T)$ とともに音響指数演算部6に出力される。

【0023】周波数分析部13は、入力される音のデジタル信号を周波数分析する。図4は、周波数分析部13の一例を示すブロック図である。図中、35は狭帯域分析器、36は短時間狭帯域分析器、37は1/3オクターブバンド分析器、38はオクターブバンド分析器、39は臨界帯域分析器である。周波数分析部13は、狭帯域分析器35、短時間狭帯域分析器36、1/3オクターブバンド分析器37、オクターブバンド分析器38、臨界帯域分析器39を備えており、それぞれの周波数バンド帯域で周波数分析を行う。

【0024】臨界帯域分析器39にはFLAT特性信号 $F(t)$ が入力され、臨界帯域での周波数分析結果としての臨界帯域周波数特性 $F(Crit)$ が出力される。オクターブバンド分析器38にはFLAT特性信号 $F(t)$ が入力され、オクターブバンドでの周波数分析結果としてのオクターブバンド周波数特性 $F(Oct)$ が出力される。1/3オクターブバンド分析器37にはFLAT特性信号 $F(t)$ が入力され、1/3オクターブバンドでの周波数分析結果としての1/3オクターブバンド周波数特性 $F(1/3Oct)$ が出力される。臨界帯域周波数特性 $F(Crit)$ 、オクターブバンド周波数特性 $F(Oct)$ 、1/3オクターブバンド周波数特性 $F(1/3Oct)$ などの周波数特性は、具体的には各周波数帯域の中心周波数とその帯域における音圧レベル値を対にした数値配列として出力される。

【0025】狭帯域分析器35にはA特性聴感補正信号 $A(t)$ 、およびFLAT特性信号 $F(t)$ が入力され、狭帯域での周波数分析結果としての狭帯域周波数特性 $A(f)$ および $F(f)$ が出力される。この狭帯域分析器35での周波数分解能は、具体例としては24000/1024Hzとすることができる。もちろんこれに限られるものではない。狭帯域周波数特性 $A(f)$ 、 $F(f)$ は、具体的には各狭帯域周波数とその帯域における音圧レベル値を対にした数値配列として出力される。具体例の場合には1024組の数値配列が出力される。

【0026】短時間狭帯域分析器36にはA特性聴感補正信号 $A(t)$ が入力され、短時間フレームに分割して、フレーム数 $n$ 個分の狭帯域分析結果としての短時間狭帯域周波数特性 $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、…、 $A_n(f)$ が出力される。短時間フレームに分割する時間間隔としては、具体的には1024/48000秒程度とすることができる。また、短時間狭帯域分析器36での周波数分解能は24000/1024Hzとすることができる。もちろん、分割時の時間間隔や周波数分解能などは任意である。短時間狭帯域周波数特性 $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、…、 $A_n(f)$ は、それぞれが各

狭帯域周波数とその帯域における音圧レベル値を対にした数値配列であり、上述の具体例では1024組の数値配列である。このような数値配列が各短時間フレーム毎に生成されて、 $n$ 個の数値配列が出力される。

【0027】なお、音圧波形前処理部5の聴感補正処理部11、時定数処理部12、周波数分析部13は、DSP(Digital Signal Processor)を用いたデジタルフィルタとして構成するほか、コンピュータ上のソフトウェアや一般的な解析機器を用いることができる。

【0028】音響指数演算部6は、音圧波形前処理部5からの出力を受け取り、複数の音響指数を演算して求める。この第1の実施の形態では、音響指数演算部6は、大きさ指数演算部21、高周波純音指数演算部22、広帯域雑音指数演算部23を備えており、音響的な特徴を表す音の大きさ指数、高周波純音指数、広帯域雑音指数を演算する。これらの音響的な特徴を表す各指数は、次に説明するように騒音の主観的なうるささと大きな関係があることが検証されている。

【0029】上述のように、事務機器から生じる騒音の官能評価を行ったところ、音に含まれている純音成分、広帯域雑音成分、うなり音成分、あるいは衝撃音成分などが気になる音として抽出され、騒音の主観的なうるささ、不快さ、耳障り感などに大きな影響を及ぼしていることが判明した。純音成分や広帯域雑音成分は主に周波数分析結果としての周波数特性上にその特徴が現れ、うなり音成分や衝撃音成分は主に時間波形上にその特徴が現れる。

【0030】図5は、一般的な電子写真方式のプリンタが稼働中に発生する騒音の周波数分析結果の一例を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は周波数、縦軸は音圧レベルを表しており、周波数軸における音圧レベルの分布を示している。ここで、白抜きの星印で示した部分が純音成分であり、特定の狭い周波数帯域で音圧レベルが大きく突出している。この純音成分は、例えば多面鏡を高速回転させることによりレーザー光を走査する光走査装置で生じる回転音、交流電圧駆動させる帯電ローラで生じる電磁音などが含まれる。

【0031】また広帯域雑音成分は図中斜線で示すような広い周波数帯域に成分を有する音であり、これは周波数帯域が数10Hz～数kHzの比較的低周波領域については、主にファンやブローアなどで生じるエアフロー系の流体音、周波数帯域が数100Hzを超える比較的高周波領域については、原稿・用紙が搬送されるときに生じる紙の摺動音や擦過音などが主成分であることが分かっている。

【0032】図6は、一般的な電子写真方式のプリンタが稼働中に発生する騒音の時間波形の一例を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は時間、縦軸は音圧レベルを表しており、音圧レベルの時間変動を示してい

る。ここで、丸印で示した部分が衝撃音系成分である。衝撃音成分は、短時間に高い音圧レベルの音が発生・消滅するという特徴を有しており、時間波形上で音圧レベルが大きく突出した部分として観測される。この衝撃音成分は、機構部品の衝突、紙の座屈や紙と機構部品の衝突などにより生じるもので、たとえばソレノイドや用紙位置合わせ部などで生じる。

【0033】またうなり音系成分は図6中の斜線で示すような時間波形上で周期的に変動する成分として観測される。場合によっては、図5において黒塗星印で示すように周波数特性上でピーク状の成分として観測されることもある。このうなり音系成分は、例えば駆動系での速度変動や負荷トルク変動によって生じたり、近接した周波数成分を有する2つ以上の純音系成分が存在する場合にうなり音成分として観測される場合などがある。

【0034】一般的に、人は、純音系成分の存在により甲高さを感じ、うなり音の存在により変動感を感じ、低周波成分を多く含む広帯域雑音により重苦しさを感じ、高周波成分を多く含む広帯域雑音によりざらつき感を感じるといわれている。これらの主観的印象が複雑に絡み合って、総合的な騒音のうらさや不快さに大きな影響を及ぼすことになる。事務機器ではこの影響が大きいことにより、等価騒音レベルなどの音の大きさだけを評価する既存の騒音指標では人が感じる主観的うらさを説明できないものと考えられる。

【0035】ここでは、複写機やプリンタなどの事務機器の騒音として、聴感上の印象から次の6つの音に分類した。

#### (1) ゴー音

いわゆる流体騒音系の“ゴー”と聞こえる音。主に排気／冷却用のファン／ブローにより生じている。

#### (2) シャー音

“サー”、“シャー”などと聞こえる、主に原稿や用紙が走行するときに生じる紙のこすれる音。

#### (3) キーン音

“キーン”、“ピー”などの擬音語で表現されるかん高い音。ROS (Raster Output Scanner) モータの回転やBCR (Bias Charger Roller) による帯電などの際に生じる、高周波の純音系の音であることが判明している。

#### (4) ウォンウォン音

“ウォンウォン”、“ガー”など比較的低くてうなっているように聞こえる音。主駆動モータや伝達系、およびこれに起因した固体伝播音などによるものと考えられる。

#### (5) ウィン音

“ウィー”、“ウィン”などのように聞こえるIIT (Image Input Terminal) スキャンおよびスキャンバック時に生じる音。IIT駆動のステッピングモータやその駆動系から生じる。

#### (6) カチャ音

“カチャ”、“ガチャン”、“チッ”などのような瞬時に発生して消えるいわゆる衝撃音で、主に紙送り系その他のソレノイド／クラッチ動作音や原稿や用紙の衝突音などから成る。

【0036】上記6種類の構成音について、その特徴を直接的あるいは間接的に表していると考えられる267種類の物理的な音響特性を定義して、代表的な複数機種複写機及びプリンタについて、稼動状態及び待機状態に放射される騒音データから値を算出し、主成分解析を行った。その結果、音の大きさ、純音の低周波重み、低周波雑音、純音の高周波重み、音圧変動、広帯域雑音、純音変動の7つの因子が抽出された。これら7つの因子の累積寄与率は0.89であり、音の物理的特徴の約90%を説明できている。

【0037】線形重回帰分析によりこれら7つの因子と騒音の主観的なうらさや不快さに関する官能評価値との関係を調べた結果、主観的なうらさに及ぼす影響の大きさが、(1)音の大きさ、(2)広帯域雑音、(3)純音の高周波重み、(4)純音の低周波重み、(5)低周波雑音、(6)音圧変動、(7)純音変動の順であること、特に最初の3つで全変動の80%程度を説明できることが判明した。

【0038】これらのことから、この第1の実施の形態では、主観的なうらさに及ぼす影響が特に大きい音の大きさ、広帯域雑音、純音の高周波重みについて、それぞれ、大きさ指数、広帯域雑音指数、高周波純音指数として演算することとした。これらの指数を求めるため、音響指数演算部6には、大きさ指数演算部21、高周波純音指数演算部22、広帯域雑音指数演算部23を設けている。

【0039】図7は、本発明の第1の実施の形態における大きさ指数演算部21の一例を示すブロック図である。図中、41はラウドネスレベル演算部、42は会話妨害度演算部、43は累積ピーク平均値演算部、44は会話明瞭度演算部、45はSL線形和演算部である。大きさ指数演算部21は、ラウドネスレベル演算部41、会話妨害度演算部42、累積ピーク平均値演算部43、会話明瞭度演算部44を備えており、音の大きさに関わる4つの指標、ラウドネスレベルSL1、会話妨害度SL2、累積ピーク平均値SL3、会話明瞭度SL4を演算する。

【0040】ラウドネスレベル演算部41は、臨界帯域周波数特性F (Crit) が入力され、ラウドネスレベル (Loudness Level by Zwicker) を演算する。さらに、得られたラウドネスレベルに対して、あらかじめ測定された一般的な複写機やプリンタ等の事務機器におけるラウドネスレベルの平均値と標準偏差から基準化演算を行い、ラウドネスレベルSL1として、SL線形和演算部45に出力する。具体的

は、20～15500Hzの周波数帯域に設けられた24の臨界帯域における音圧レベルを基に、各臨界帯域毎のラウドネスを求める。そして、臨界帯域毎のラウドネスを総和してラウドネスレベルを算出する。ラウドネスレベルは公知の騒音指標のひとつである。また基準化演

$$\text{基準化値} = (\text{演算結果} - \text{平均値}) / \text{標準偏差} \quad \dots (1)$$

に基づいて実行される。演算結果を基準化することにより、各音響特性のオーダーや機種間における分布状況などの影響を排除し、また各特徴量の単位や次元に影響されず、各指標を同一の次元で扱うことが可能になる。なお、以下の各音響特性についても説明は省略するが同様の基準化演算が行われる。

【0041】会話妨害度演算部42は、オクターブバンド周波数特性 $F(\text{Oct})$ が入力され、会話妨害度(Speech Interference)を演算し、基準化して会話妨害度SL2としてSL線形和演算部45に出力する。具体的には、オクターブバンドでの周波数分析結果から中心周波数1000、2000、4000Hzの3つの帯域の音圧レベルの平均値として会話妨害度を求める。会話妨害度も公知の騒音指標のひとつである。

【0042】累積ピーク平均値演算部43は、フレーム

$$SL3 = (TP1 + TP2 + \dots + TPn) / n \quad \dots (3)$$

に示すように全フレームでの平均値を求める。この値が累積ピーク平均値SL3である。

【0043】会話明瞭度演算部44は、1/3オクターブバンド周波数特性 $F(1/3\text{Oct})$ が入力され、会話明瞭度(Intelligibility)を演算して基準化し、会話明瞭度SL4としてSL線形和演算部45に出力する。具体的には、1/3オクターブバンドにおける中心周波数160Hz～6300Hzの帯域において、各バンドの音圧レベルに1600Hz帯域で最も大きくなる重みをかけ、規定の換算表を基にバンド毎

$$SL = a1 \cdot SL1 + a2 \cdot SL2 + a3 \cdot SL3 + a4 \cdot SL4 \quad \dots$$

(4)

により、ラウドネスレベルSL1、会話妨害度SL2、累積ピーク平均値SL3、会話明瞭度SL4の線形和として大きさ指数SLを演算する。なお、係数 $a1 \sim a4$ は、一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および稼動状態で生じる音を取録してラウドネスレベルSL1、会話妨害度SL2、累積ピーク平均値SL3、会話明瞭度SL4の値を演算する。そしてこれらの演算結果に対して主成分分析を実施し、得られた大きさ指数に関する因子スコア係数として係数 $a1 \sim a4$ が求められる。例えば係数 $a1 \sim a4$ として、 $a1 = 0.22$ 、 $a2 = 0.21$ 、 $a3 = 0.20$ 、 $a4 = -0.18$ を用いることができる。このようにして演算された大きさ指数SLは、総合音質指数演算部7に出力される。

【0045】図8は、本発明の第1の実施の形態におけ

算は、一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および稼動状態で生じる音を取録してラウドネスレベルを演算した結果から求めたラウドネスレベルの平均値72.8 phon、標準偏差4.34 phonの値を用いて、

数 $n$ 個分の短時間狭帯域周波数特性 $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$ が入力され、累積ピーク平均値を演算して基準化し、累積ピーク平均値SL3としてSL線形和演算部45に出力する。累積ピーク平均値は新たに定義した特徴量であり、次のようにして演算する。入力されたフレーム数 $n$ 個分の短時間狭帯域周波数特性 $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$ について、各短時間狭帯域周波数特性毎にピークを検出する。ピークを検出にはいろいろな方法を用いることができるが、ここでは周囲レベルからの突出量が2dBを超えるものを検出した。検出されたすべてのピークについてその音圧レベル $P1, P2, \dots, Pk$ としたとき、

$$TPi = P1 + P2 + \dots + Pk \quad \dots (2)$$

のようにピークの音圧レベルを加算して、 $i$ 番目のフレームにおける加算値 $TPi$ を算出する。これをフレーム数 $n$ 個分の周波数特性すべてについて算出した後、

の会話明瞭度を求めて総和する。会話明瞭度は公知の騒音指標のひとつである。

【0044】ラウドネスレベル演算部41、会話妨害度演算部42、累積ピーク平均値演算部43、会話明瞭度演算部44から出力されるラウドネスレベルSL1、会話妨害度SL2、累積ピーク平均値SL3、会話明瞭度SL4はSL線形和演算部45に入力される。SL線形和演算部45は、あらかじめ求められた係数 $a1 \sim a4$ を基に、

高周波純音指数演算部22の一例を示すブロック図である。図中、51は加重平均周波数A演算部、52は加重平均周波数B演算部、53はピーク平均周波数演算部、54は最大突出ピーク周波数演算部、55はHP線形演算部である。高周波純音指数演算部22は、加重平均周波数A演算部51、加重平均周波数B演算部52、ピーク平均周波数演算部53、最大突出ピーク周波数演算部54を備えており、純音成分の高周波特性に関わる4つの指標、加重平均周波数A：HP1、加重平均周波数B：HP2、ピーク平均周波数HP3、最大突出ピーク平均周波数HP4を演算する。純音成分は図5を用いて説明したように、周波数軸上でピークとして検出される。この高周波純音指数演算部22は、ピークとなる周波数に関する指標を算出している。

【0046】加重平均周波数A演算部51は、A特性聴



感補正処理が施された騒音信号の狭帯域周波数特性  $A(f)$  が入力され、加重平均周波数  $A$  を演算して基準化し、加重平均周波数  $A: HP1$  として HP 線形和演算部 55 に出力する。加重平均周波数  $A$  は新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算する。A 特性聴感補正処理が施された騒音信号の狭帯域周波数特性  $A(f)$  について、ピーク部を検出する。ピーク部の検出にはい

$$HP1 = (F1 \cdot P1 + F2 \cdot P2 + \dots + Fk \cdot Pk) / k \quad \dots (5)$$

として示すように各ピークの周波数の値  $F_i$  にピーク突出量  $P_i$  を重みとして乗算して、これをすべてのピークについて加算した後、検出されたピーク数  $k$  で除算して加重平均を演算する。このようにして加重平均周波数  $A: HP1$  を演算し、HP 線形和演算部 55 に出力する。このようにピークの周波数とピーク突出量を乗算することによって、ピーク突出量が同じでも高い周波数のピークほど加重平均周波数  $A: HP1$  の値が大きくなる。特に高い周波数の純音が甲高いうるささとして人に感知されるため、高い周波数ほど値が大きくなるようにしている。

【0047】加重平均周波数  $B$  演算部 52 は、フレーム数  $n$  個分の短時間狭帯域周波数特性  $A1(f)$ 、 $A2$

$$WPj = (F1 \cdot P1 + F2 \cdot P2 + \dots + Fk \cdot Pk) / k \quad \dots (6)$$

のように、各ピーク毎のピーク突出量  $P_i$  と周波数  $F_i$  の積を演算して、これをすべてのピークについて加算した後、検出されたピーク数  $k$  で除算して、 $j$  番目のフレ

$$HP2 = (WP1 + WP2 + \dots + WPn) / n \quad \dots (7)$$

により全フレームでの平均値を求めたものが加重平均周波数  $B: HP2$  である。この加重平均周波数  $B: HP2$  についてもピークの周波数とピーク突出量とを乗算することによって高い周波数のピークに対する重み付けを行っており、高い周波数の純音について加重平均周波数  $B: HP2$  の値に反映されるようになっている。

【0048】ピーク平均周波数演算部 53 は、フレーム数  $n$  個分の狭帯域周波数特性  $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$  が入力され、最大ピーク平均周波数を演算して基準化し、ピーク平均周波数  $HP3$  として HP 線

$$Fi = (CF1 + CF2 + \dots + CFk) / k \quad \dots (8)$$

により  $i$  番目のフレームにおける平均周波数  $Fi$  を演算する。これをフレーム数  $n$  個分の短時間狭帯域周波数特

$$HP3 = (F1 + F2 + \dots + Fn) / n \quad \dots (9)$$

により全フレームでの平均値を求める。これがピーク平均周波数  $HP3$  である。

【0049】最大突出ピーク周波数演算部 54 は、A 特性聴感補正処理が施された騒音信号の狭帯域周波数特性  $A(f)$  が入力され、最大突出ピーク周波数を演算して基準化し、最大突出ピーク平均周波数  $HP4$  として HP 線形和演算部 55 に出力する。最大突出ピーク周波数は新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算す

ろいろな方法を用いることができるが、ここでは周囲レベルからの突出量が 2 dB を超えるものを検出した。検出されたすべてのピークについて、ピークの近傍の音圧レベルの平均値を基準としてピークの突出部分の大きさを演算する。以下これをピーク突出量と呼ぶ。各ピークの周波数を  $Fi$ 、対応するピーク突出量を  $Pi$  とするとき、

$(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$  が入力され、加重平均周波数  $B$  を演算して基準化し、加重平均周波数  $B: HP2$  として HP 線形和演算部 55 に出力する。加重平均周波数  $B$  も新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。入力されたフレーム数  $n$  個分の短時間狭帯域周波数特性  $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$  について、各フレーム毎の短時間狭帯域周波数特性からピークを検出する。ピーク検出にはいろいろな方法を用いることができるが、ここでは周囲レベルからの突出量が 2 dB を超えるものを検出した。検出されたすべてのピークについて、ピークの近傍の音圧レベルの平均値を基準としてピーク突出量を演算する。各ピークの周波数を  $Fi$ 、対応するピーク突出量を  $Pi$  とするとき、

ームにおける加重平均  $WPj$  を演算する。これをフレーム数  $n$  個分の周波数特性すべてについて演算した後、

形和演算部 55 に出力される。ピーク平均周波数も新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。入力されたフレーム数  $n$  個分の短時間狭帯域周波数特性  $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$  について、各フレーム毎の短時間狭帯域周波数特性からピークを検出する。ピークの検出にはいろいろな方法を用いることができるが、ここでは周囲レベルからの突出量が 2 dB を超えるものを検出した。検出されたすべてのピーク ( $k$  個) について、ピークの中心周波数  $CF1 \sim CFk$  を読み取る。そして、

性のすべてについて演算した後、

る。A 特性聴感補正処理が施された騒音信号の狭帯域周波数特性  $A(f)$  について、最大のピークを検出する。最大ピークの検出にはいろいろな方法を用いることができるが、ここでは周囲レベルからの突出量が最大のものを検出した。検出された最大ピークの周波数が最大突出ピーク周波数  $HP4$  である。通常、低周波のピークの方が絶対的な音圧レベルは大きくなる傾向にあるが、広帯域雑音のレベルが大きい場合にはピークは広帯域雑音の

中に埋もれてしまう。このように突出量が最大のピークを検出することによって、人に感知されやすい最大ピークを求めることができる。

【0050】加重平均周波数A演算部51、加重平均周波数B演算部52、ピーク平均周波数演算部53、最大突出ピーク周波数演算部54から出力された加重平均周

$$HP = b1 \cdot HP1 + b2 \cdot HP2 + b3 \cdot HP3 + b4 \cdot HP4 \quad \dots$$

(10)

により、加重平均周波数A：HP1、加重平均周波数B：HP2、ピーク平均周波数HP3、最大突出ピーク平均周波数HP4の線形和として、高周波純音指数HPを演算する。ここで係数b1～b4は、例えば、一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および移動状態で生じる音を収録して、加重平均周波数A：HP1、加重平均周波数B：HP2、ピーク平均周波数HP3、最大突出ピーク平均周波数HP4の値を演算する。演算した値について主成分分析を実施し、得られた高周波純音指数に関する因子スコア係数を係数b1～b4として用いることができる。具体例として、b1=0.28、b2=0.25、b3=0.23、b4=0.26を用いることができる。このようにして演算された高周波純音指数HPは、総合音質指数演算部7に出力される。なお、高周波純音指数HPは、純音成分のピークに関する周波数の値として算出される。

【0051】図9は、本発明の第1の実施の形態における広帯域雑音指数演算部23の一例を示すブロック図である。図中、61は周波数特性傾き演算部、62は累積ピーク分散演算部、63はBN線形和演算部である。広帯域雑音指数演算部23は周波数特性傾き演算部61、累積ピーク分散演算部62を備えており、広帯域雑音に関わる2つの指標、周波数特性傾きBN1、累積ピーク分散BN2を演算する。上述のように、この広帯域雑音の特性によって、人はざらつきを感じる。また一方で、広帯域雑音の特性によっては、例えば純音のピーク等による影響が感じにくくなるなど、他の指標に対しても影響する。

【0052】周波数特性傾き演算部61は、FLAT特性における狭帯域周波数特性F(f)が入力され、周波

$$BN2 = \text{基準化} [ \{ T1^2 + T2^2 + \dots + Tn^2 - (T1 + T2 + \dots + Tn)^2 / n \} / (n-1) ] \quad \dots (12)$$

のように全フレームでの分散を求める。この値が累積ピーク分散BN2である。この累積ピーク分散BN2は、時間的な分散度合いを求めているので、例えばピークが時間的に変動していたり、広帯域雑音の時間的な変動によりピークが埋もれる時間がある場合などの度合いを求めることができる。

$$BN = c1 \cdot BN1 + c2 \cdot BN2 \quad \dots (13)$$

により、周波数特性傾きBN1、累積ピーク分散BN2の線形和として広帯域雑音指数BNを演算する。係数c

波数A：HP1、加重平均周波数B：HP2、ピーク平均周波数HP3、最大突出ピーク平均周波数HP4は、HP線形和演算部55に出力される。HP線形和演算部55では、あらかじめ求められた係数b1～b4を基に、

数特性傾きを演算して基準化し、周波数特性傾きBN1としてBN線形和演算部63に出力する。周波数特性傾きは新たに定義された特徴量であり、周波数1kHz以下の帯域について、狭帯域周波数特性F(f)の近似直線を求めてその傾きを値にしたものである。具体的には狭帯域周波数特性F(t)の周波数の値を常用対数に変換した後、周波数1kHz以下の帯域について、最小自乗法を用いて近似直線を算出する。得られた近似直線の傾き(一次式の係数)が周波数特性傾きBN1である。上述の図5に示したグラフにおいて、周波数1kHz以下の斜線を施した部分との境界となる直線が、求める周波数特性傾きBN1である。

【0053】累積ピーク分散演算部62は、フレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性A1(f)、A2(f)、…、An(f)が入力され、累積ピークの分散を演算して基準化し、累積ピーク分散BN2としてBN線形和演算部63に出力する。累積ピークの分散は新たに定義した特徴量であり、次のようにして演算する。入力されたフレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性A1(f)、A2(f)、…、An(f)について、各フレーム毎の短時間狭帯域周波数特性からピークを検出する。ピークを検出にはいろいろな方法を用いることができるが、ここでは一例として周囲レベルからの突出量が2dBを超えるものを検出した。検出したピーク(k個)の周囲レベルからの突出量をPiとすると

$$Tj = P1 + P2 + \dots + Pk \quad \dots (11)$$

のように、j番目のフレームで検出されたすべてのピークについて、周囲レベルからの突出量を加算する。これをフレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性のすべてについて実行した後、

【0054】周波数特性傾き演算部61、累積ピーク分散演算部62から出力される周波数特性傾きBN1、累積ピーク分散BN2は、BN線形和演算部63に出力される。BN線形和演算部63では、あらかじめ求められた係数c1、c2を基に、

1、c2は、例えば一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および移動状態

で生じる音を収録して周波数特性傾き BN1、累積ピーク分散 BN2 の値を演算する。そして、主成分分析を実施し、得られた広帯域雑音指数に関する因子スコア係数を係数  $c_1$ 、 $c_2$  として用いることができる。係数  $c_1$ 、 $c_2$  の具体例としては、 $c_1 = 0.46$ 、 $c_2 = 0.44$  を用いることができる。このようにして演算された広帯域雑音指数 BN は総合音質指数演算部 7 に出力

$$\text{総合音質指数} = \alpha_1 \cdot \text{SL} + \alpha_2 \cdot \text{HP} + \alpha_3 \cdot \text{BN} \quad \dots (13)$$

により総合音質指数を演算する。そして、演算により求めた総合音質指数を演算結果表示部 8 に出力する。係数  $\alpha_1 \sim \alpha_3$  は、例えば一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど 30 機種について、待機状態および稼動状態で生じる音を収録して大きさ指数 SL、高周波純音指数 HP、広帯域雑音指数 BN を演算した結果と、それぞれの音について主観的なうるささ、不快さ、耳障り感など評価した官能評価結果を重回帰分析する。そして得られた回帰係数を係数  $\alpha_1 \sim \alpha_3$  として用いることができる。係数  $\alpha_1 \sim \alpha_3$  の具体例として、 $\alpha_1 = 0.74$ 、 $\alpha_2 = 0.39$ 、 $\alpha_3 = 0.23$  を用いることができる。係数  $\alpha_1 \sim \alpha_3$  の関係が、 $\alpha_2$  は  $\alpha_1$  の 0.2 ～ 0.6 倍、 $\alpha_3$  は  $\alpha_1$  の 0.4 ～ 0.8 倍とするとよい。

【0056】演算結果表示部 8 には、総合音質指数演算部 7 で求めた総合音質指数が表示される。もちろんこのほかにも、大きさ指数 SL、高周波純音指数 HP、広帯域雑音指数 BN や、各指数の算出時に演算した各種の指標などについても表示してもよい。また、例えばこれらの指数等の基準値や目標値などとともに表示するなど、各種の情報を表示することが可能である。

【0057】図 10 は、本発明の第 1 の実施の形態において算出した総合音質指数と主観的なうるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。上述のように構成された本発明の第 1 の実施の形態を用いて、一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど 30 機種の待機状態および稼動状態で生じる音について、総合音質指数を求めるとともに、主観的なうるささ、不快さ、耳障り感などの官能評価を行い、両者の相関を調べた。これにより、図 10 に示すような結果が得られた。

【0058】図 10 から分かるように、本発明の第 1 の実施の形態により算出した総合音質指数は、官能評価値に対して相関係数 0.89 の高い相関が得られている。上述の図 21 や図 22 に示した等価騒音レベルやラウドネスレベルを騒音指標として用いた場合と比較して、相関係数が大きく向上されており、本発明の第 1 の実施の形態を用いることにより、人の感覚に合った良好な音質評価が可能であることが分かる。

【0059】また図 10 において、丸印で囲んだ評価音は、市場で騒音に関する苦情が生じた複写機あるいはプリンタの騒音データの評価結果である。苦情が生じた音は総合音質指数が 0 を超えているものばかりである。こ

される。

【0055】総合音質指数演算部 7 には、大きさ指数演算部 21 から出力される大きさ指数 SL、高周波純音指数演算部 22 から出力される高周波純音指数 HP、および広帯域雑音指数演算部 23 から出力される広帯域雑音指数 BN が入力される。総合音質指数演算部 7 は、あらかじめ求められた係数  $\alpha_1 \sim \alpha_3$  に基づいて、

のことから、総合音質指数が 0 以下であるような放射騒音の製品であれば、設置環境の静粛性を損なうことのない、音質的に優れた製品であると推定することができる。

【0060】次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。この第 2 の実施の形態の構成は、上述の図 1 に示した構成とほぼ同様であり、音響指数演算部 6 内の大きさ指数演算部 21、高周波純音指数演算部 22、広帯域雑音指数演算部 23 について、音響的な特徴を表す各指数の演算部分の構成が異なっている。なお、上述の第 1 の実施の形態と同様の部分には同じ符号を付して重複する説明を省略する。

【0061】図 11 は、本発明の第 2 の実施の形態における大きさ指数演算部 21 の一例を示すブロック図である。大きさ指数演算部 21 はラウドネスレベル演算部 41 から構成され、音の大きさに関わる代表的指標であるラウドネスレベルのみを演算する。ラウドネスレベル演算部 41 は、臨界帯域周波数特性  $F(\text{Crit})$  が入力され、ラウドネスレベルを演算して基準化し、この値を大きさ指数 SL として総合音質指数演算部 7 に出力する。なお、ラウドネスレベル演算部 41 の構成は第 1 の実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

【0062】図 12 は、本発明の第 2 の実施の形態における高周波純音指数演算部 22 の一例を示すブロック図である。高周波純音指数演算部 22 は、加重平均周波数 A 演算部 51 から構成され、純音成分の高周波特性に関わる加重平均周波数 A のみを演算する。加重平均周波数 A 演算部 51 は、A 特性聴感補正処理が施された騒音信号の狭帯域周波数特性  $A(f)$  が入力され、加重平均周波数 A を演算して基準化し、その値を高周波純音指数 HP として総合音質指数演算部 7 に出力する。なお、加重平均周波数 A 演算部 51 の構成は上述の第 1 の実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

【0063】図 13 は、本発明の第 2 の実施の形態における広帯域雑音指数演算部 23 の一例を示すブロック図である。広帯域雑音指数演算部 23 は、周波数特性傾き演算部 61 から構成され、広帯域雑音に関わる指標である周波数特性傾きのみを演算する。周波数特性傾き演算部 61 には、FLAT 特性における狭帯域周波数特性  $F(f)$  が入力され、周波数特性傾きを演算して基準化し、その値を広帯域雑音指数 BN として総合音質指数演算部 7 に出力する。なお、周波数特性傾き演算部 61 の

構成は、上述の第1の実施の形態と同様であるため、説明を省略する。

【0064】図14は、本発明の第2の実施の形態において算出した総合音質指数と主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。上述のように構成された本発明の第2の実施の形態を用いて、一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種の待機状態および稼動状態で生じる音について、総合音質指数を求めるとともに、主観的なうるささ、不快さ、耳障り感などの官能評価を行い、両者の相関を調べた。これにより、図14に示すような結果が得られた。

【0065】図14から分かるように、本発明の第2の実施の形態により算出した総合音質指数は、官能評価値に対して相関係数0.86の高い相関が得られている。これは、上述の第1の実施の形態による総合音質指数を用いる場合よりもやや相関係数が小さくなっているものの、上述の図21や図22に示した等価騒音レベルやラウドネスレベルを騒音指標として用いた場合と比較して、相関係数が大きく向上されている。そのため、人の感覚に合った良好な音質評価が可能であることが分かる。

【0066】また図14において、丸印で囲んだ評価音は、市場で騒音に関する苦情が生じた複写機あるいはプリンタの騒音データの評価結果である。苦情が生じた音は総合音質指数が0を超えているものばかりである。このことから、総合音質指数が0以下であるような放射騒音の製品であれば、設置環境の静粛性を損なうことのない、音質的に優れた製品であると推定することができると推定することができる。

【0067】なお、この第2の実施の形態では大きさ指数、高周波純音指数、広帯域雑音指数をそれぞれ1つの指標のみから演算しているため、演算装置の構成が簡易になるとともに、演算に要する時間も短縮でき、高速に総合音質指数を得ることができるという利点を有している。

【0068】この第2の実施の形態では、大きさ指数演算部21、高周波純音指数演算部22、広帯域雑音指数演算部23で大きさ指数SL、高周波純音指数HP、広帯域雑音指数BNを求めるための指標として1つずつを演算する例を示したが、これは上述の第1の実施の形態において使用する指標の数が最も少ない場合を示したものである。各指数を演算するためにどのような指標をいくつ使用するかは任意である。例えば大きさ指数演算部21、高周波純音指数演算部22において2、3、あるいは5つ以上の指標を用い、また広帯域雑音指数演算部23において3つ以上の指標を用いてもよい。

【0069】図15は、本発明の第3の実施の形態を示すブロック図である。図中、図1と同様の部分には同じ符号を付して重複する説明を省略する。24は低周波純音指数演算部、25は低周波雑音指数演算部、26は音

圧変動指数演算部、27は純音変動指数演算部である。

図15に示すように、この第3の実施の形態では、上述の第1の実施の形態に比べて音響指数演算部6の構成が異なっている。上述の第1の実施の形態における音響指数演算部6の説明において、主観的なうるささに及ぼす影響の大きさが、(1)音の大きさ、(2)広帯域雑音、(3)純音の高周波重み、(4)純音の低周波重み、(5)低周波雑音、(6)音圧変動、(7)純音変動の順であることを示した。上述の第1及び第2の実施の形態では、上位の3つに関する音響指数を求める例を示した。この第3の実施の形態では、第1及び第2の実施の形態で求めた3つの音響指数を含む上位7つに関する音響指数を求める例を示したものである。これによって、さらに人の感性に合った音質評価を可能としている。

【0070】この第3の実施の形態における音響指数演算部6は、大きさ指数演算部21、高周波純音指数演算部22、広帯域雑音指数演算部23に加え、低周波純音指数演算部24、低周波雑音指数演算部25、音圧変動指数演算部26、純音変動指数演算部27を備えている。これらの構成によって、大きさ指数、高周波純音指数、広帯域雑音指数とともに、低周波純音指数、低周波雑音指数、音圧変動指数、純音変動指数等の音響的な特徴を表す各指数が演算される。なお、大きさ指数演算部21、高周波純音指数演算部22、および広帯域雑音指数演算部23の構成は、上述の第1の実施の形態と同様なので説明を省略する。

【0071】図16は、本発明の第3の実施の形態における低周波純音指数演算部24の一例を示すブロック図である。図中、71は最大ピーク周波数A演算部、72は最大ピーク周波数B演算部、73は最大バンド周波数演算部、74は累積過半バンド周波数演算部、75はLP線形和演算部である。低周波純音指数演算部24は、最大ピーク周波数A演算部71、最大ピーク周波数B演算部72、最大バンド周波数演算部73、累積過半バンド周波数演算部74、LP線形和演算部75を備えており、純音成分の低周波特性に関わる4つの指標、最大ピーク周波数A：LP1、最大ピーク周波数B：LP2、最大バンド周波数LP3、累積過半バンド周波数LP4を演算する。なお、高い周波数における純音成分に関する指標は、高周波純音指数演算部22において求めており、この低周波純音指数演算部24では、低周波部分における純音成分に関する指標を求める。

【0072】最大ピーク周波数A演算部71は、A特性聴感補正処理が施された騒音信号の狭帯域周波数特性A(f)が入力され、最大ピーク周波数Aを演算して基準化し、最大ピーク特性A：LP1としてLP線形和演算部75に出力する。最大ピーク周波数Aは、A特性聴感補正処理が施された騒音信号の狭帯域周波数特性A(f)において、最大の音圧レベルとなる周波数の値で

ある。通常、低周波成分の方が音圧レベルが高いため、高周波純音指数演算部22の加重平均周波数A演算部51のような重み付けを行わなくても低周波部分におけるピーク周波数を得ることができる。

【0073】最大ピーク周波数B演算部72は、フレーム数 $n$ 個分の短時間狭帯域周波数特性 $A(f)$ 、 $A_2(f)$ 、 $\dots$ 、 $A_n(f)$ が入力され、最大ピーク周波数Bを演算して基準化し、最大ピーク周波数B:LP2としてLP線形和演算部75に出力する。最大ピーク周波数Bは新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。入力されたフレーム数 $n$ 個分の短時間狭帯域周波数特性 $A_1(f)$ 、 $A_2(f)$ 、 $\dots$ 、 $A_n(f)$ について、各フレーム毎に、短時間狭帯域周波数特性から最大ピークとなる周波数の値を検出する。フレーム数 $n$ 個分の周波数特性について、この最大ピーク周波数の平均値を求めたものが最大ピーク周波数である。この場合も高周波純音指数演算部22の加重平均周波数B演算部52のような重み付けは行わないが、低周波成分の方が音圧レベルが高いため、低周波部分におけるピーク周波数に関する値を得ることができる。

【0074】最大バンド周波数演算部73は、FLAT特性における1/3オクターブバンド周波数特性 $F(1/3Oct)$ が入力され、最大バンド周波数を演算して基準化し、最大バンド周波数LP3としてLP線形和演算部75に出力する。最大バンド周波数は、FLAT特性における1/3オクターブバンド周波数特性 $F(1/$

$$LP = d1 \cdot LP1 + d2 \cdot LP2 + d3 \cdot LP3 + d4 \cdot LP4$$

... (15)

により、最大ピーク周波数A:LP1、最大ピーク周波数B:LP2、最大バンド周波数LP3、累積過半バンド周波数LP4の線形和として低周波純音指数LPを演算する。係数 $d1 \sim d4$ は、例えば一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および移動状態で生じる音を取録して最大ピーク周波数A:LP1、最大ピーク周波数B:LP2、最大バンド周波数LP3、累積過半バンド周波数LP4の値を演算し、主成分分析を実施する。これによって得られた低周波純音指数に関する因子スコア係数を係数 $d1 \sim d4$ として用いることができる。具体例としては、係数 $d1 \sim d4$ として $d1=0.27$ 、 $d2=0.27$ 、 $d3=0.26$ 、 $d4=0.24$ を用いることができる。このようにして演算された低周波純音指数LPは総合音質指数演算部7に出力される。

【0077】図17は、本発明の第3の実施の形態における低周波雑音指数演算部25の一例を示すブロック図である。図中、81はF特性最大値演算部、82はF特性音圧変動A演算部、83はF特性音圧変動B演算部、84はF特性歪度演算部、85はLN線形和演算部である。低周波雑音指数演算部25は、F特性最大値演算部81、F特性音圧変動A演算部82、F特性音圧変動B

3Oct)に、一般的な騒音計で用いられているA特性聴感補正を加えた後で、最大の音圧レベルとなる周波数バンドの中心周波数の値である。

【0075】累積過半バンド周波数演算部74は、FLAT特性における1/3オクターブバンド周波数特性 $F(1/3Oct)$ が入力され、累積過半バンド周波数を演算して基準化し、累積過半バンド周波数LP4としてLP線形和演算部75に出力する。累積過半バンド周波数は、新たに定義された特徴量であり、FLAT特性における1/3オクターブバンド周波数特性 $F(1/3Oct)$ に、一般的な騒音計で用いられているA特性聴感補正を加えた後、低周波数領域側のバンドから順次、各バンドの音圧レベル値を加算していき、全体の音圧レベルの50%（すなわち、-3dB）を超えた時点で加算を終了する。このとき、最後に加算したバンドの中心周波数が累積過半バンド周波数である。この累積過半バンド周波数は、音のエネルギー分布の中央値を示すものである。

【0076】最大ピーク周波数A演算部71、最大ピーク周波数B演算部72、最大バンド周波数演算部73、累積過半バンド周波数演算部74から出力された最大ピーク周波数A:LP1、最大ピーク周波数B:LP2、最大バンド周波数LP3、累積過半バンド周波数LP4はLP線形和演算部75に入力される。LP線形和演算部75は、あらかじめ求められた係数 $d1 \sim d4$ に基づき、

演算部83、F特性歪度演算部84、LN線形和演算部85を備えており、数10Hz以下の低周波帯域の雑音成分に関わる4つの指標、F特性最大値LN1、F特性音圧変動A:LN2、F特性音圧変動B:LN3、F特性歪度LN4を演算する。低周波雑音指数演算部25では、低周波数領域を扱うため、A特性聴感補正を行っていないFLAT特性の雑音信号について各指標を求める。

【0078】F特性最大値演算部81は、フラット特性の実効値信号 $LF(T)$ が入力され、F特性最大値を演算して基準化し、F特性最大値LN1としてLN線形和演算部85に出力する。F特性最大値は、フラットな実効値信号 $LF(T)$ における最大実効値である。

【0079】F特性音圧変動A演算部82は、フラット特性の実効値信号 $LF(T)$ およびFAST時定数処理された実効値信号 $LFf(T)$ が入力され、F特性音圧変動Aを演算して基準化し、F特性音圧変動A:LN2としてLN線形和演算部85に出力する。F特性音圧変動Aは新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。フラット特性の実効値信号 $LF(T)$ とFAST時定数処理された実効値信号 $LFf(T)$ を逐次比較してゆき、 $LF(T) > LFf(T)$ となる部分を

検出する。なお、フラット特性の実効値信号 $LF(T)$ とFAST時定数処理された実効値信号 $LFf(T)$ はともに例えば10ミリ秒毎の時間-実効値(音圧レベル)信号である。検出された部分についてフラット特性の実効値信号 $LF(T)$ の積分値を演算したものが、F特性音圧変動Aである。

【0080】F特性音圧変動B演算部83は、フラット特性の実効値信号 $LF(T)$ が入力され、F特性音圧変動Bを演算して基準化し、F特性音圧変動B:LN3としてLN線形和演算部85に出力する。F特性音圧変動Bも新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。まずフラット特性の実効値信号 $LF(T)$ の全時間平均値 $LEQ$ を演算する。そしてフラット特性の

$$LN4 = \text{基準化}([n / \{(n-1)(n-2)\}] \sum \{(x_i - X) / \sigma\}^3) \quad \dots (16)$$

で計算することができる。

【0082】F特性最大値演算部81、F特性音圧変動A演算部82、F特性音圧変動B演算部83、F特性歪度演算部84から出力されるF特性最大値LN1、F特

$$LN = e1 \cdot LN1 + e2 \cdot LN2 + e3 \cdot LN3 + e4 \cdot LN4 \quad \dots (17)$$

により、F特性最大値LN1、F特性音圧変動A:LN2、F特性音圧変動B:LN3、F特性歪度LN4の線形和として低周波雑音指数LNを演算する。係数 $e1 \sim e4$ は、例えば一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および稼動状態で生じる音を収録してF特性最大値LN1、F特性音圧変動A:LN2、F特性音圧変動B:LN3、F特性歪度LN4の値を演算し、主成分分析を実施する。これによって得られる低周波雑音指数に関する因子スコア係数を係数 $e1 \sim e4$ として用いることができる。係数 $e1 \sim e4$ の具体例として、 $e1=0.28$ 、 $e2=0.24$ 、 $e3=-0.32$ 、 $e4=0.26$ を用いることができる。このようにして演算された低周波雑音指数LNは総合音質指数演算部7に出力される。

【0083】図18は、本発明の第3の実施の形態における音圧変動指数演算部26の一例を示すブロック図である。図中、91はA特性SLOW波形分散演算部、92は最大ピーク値分散演算部、93はA特性時間波形衝撃度演算部、94はA特性時間波形粗さ演算部、95はTV線形和演算部である。音圧変動指数演算部26は、A特性SLOW波形分散演算部91、最大ピーク値分散演算部92、A特性時間波形衝撃度演算部93、A特性時間波形粗さ演算部94、TV線形和演算部95を備えている。この音圧変動指数演算部26は、特に上述の図6に示すような時間的に変動するうなり音に関係する指数を演算する。具体的には、音圧の時間変動に関わる4つの指標、A特性SLOW波形分散TV1、最大ピーク値分散TV2、A特性時間波形衝撃度TV3、A特性時間波形粗さTV4を演算する。

実効値信号 $LF(T)$ を全時間平均値 $LEQ$ の値と逐次比較してゆき、 $LF(T) > LEQ$ となる部分を検出する。検出された回数(データ数)の合計値がF特性音圧変動Bである。

【0081】F特性歪度演算部84は、フラット特性の実効値信号 $LF(T)$ が入力され、F特性歪度を演算して基準化し、F特性歪度LN4としてLP線形和演算部85に出力する。F特性歪度は新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算する。歪度とは平均値近傍での分布の非対称度を表す指標であり、フラット特性の実効値信号 $LF(T)$ の歪度は、歪度を計算するデータの数を $n$ 、平均を $X$ 、標準偏差を $\sigma$ としたとき、

性音圧変動A:LN2、F特性音圧変動B:LN3、F特性歪度LN4はLN線形和演算部85に入力される。LN線形和演算部85は、あらかじめ求められた係数 $e1 \sim e4$ に基づき、

【0084】A特性SLOW波形分散演算部91は、SLOW時定数処理されたA特性実効値信号 $LA_s(T)$ が入力され、A特性SLOW波形分散を演算して基準化し、A特性SLOW波形分散TV1としてTV線形和演算部95に出力する。A特性SLOW波形分散は、SLOW時定数処理されたA特性実効値信号 $LA_s(T)$ の分散値である。

【0085】最大ピーク値分散演算部92は、フレーム数 $n$ 個分の短時間狭帯域周波数特性 $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$ が入力され、最大ピーク値分散を演算して基準化し、最大ピーク値分散TV2としてTV線形和演算部95に出力する。最大ピーク値分散は新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。入力されたフレーム数 $n$ 個分の短時間狭帯域周波数特性 $A1(f)$ 、 $A2(f)$ 、 $\dots$ 、 $An(f)$ について、各フレーム毎の短時間狭帯域周波数特性について最大ピークを検出する。すべてのフレームについて、この最大ピーク値を求め、それらの分散を求めたものが最大ピーク値分散である。

【0086】A特性時間波形衝撃度演算部93は、A特性の実効値信号 $LA(T)$ が入力され、A特性時間波形衝撃度を演算して基準化し、A特性時間波形衝撃度TV3としてTV線形和演算部95に出力する。A特性時間波形衝撃度は新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。まずA特性の実効値信号 $LA(T)$ の全時間平均値 $LAEQ$ を演算する。そして、A特性の実効値信号 $LA(T)$ を $LAEQ$ の値と逐次比較してゆき、 $LA(T) > LAEQ$ となる部分が所定時間、例えば50ミリ秒以上かつ100ミリ秒未満だけ、継続してい

る部分を検出する。この条件に該当して検出された箇所の個数がA特性時間波形衝撃度である。

【0087】A特性時間波形粗さ演算部94は、A特性の実効値信号LA(T)が入力され、A特性時間波形粗さを演算して基準化し、A特性時間波形粗さTV4とし

$$TV4 = \text{基準化} [ \{ (R1+R2+R3+R4+R5) - (R6+R7+R8+R9+R10) \} / 5 ] \quad \dots (18)$$

により計算することができる。なお、R1～R5は実効値信号LA(T)において最大から5番目までの実効値、R6～R10は実効値信号LA(T)において最小から5番目までの実効値を表す。

【0088】A特性SLOW波形分散演算部91、最大ピーク値分散演算部92、A特性時間波形衝撃度演算部

$$TV = f1 \cdot TV1 + f2 \cdot TV2 + f3 \cdot TV3 + f4 \cdot TV4$$

.. (19)

により、A特性SLOW波形分散TV1、最大ピーク値分散TV2、A特性時間波形衝撃度TV3、A特性時間波形粗さTV4の線形和として音圧変動指数TVを演算する。係数f1～f4は、例えば一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および稼動状態で生じる音を収録してA特性SLOW波形分散TV1、最大ピーク値分散TV2、A特性時間波形衝撃度TV3、A特性時間波形粗さTV4の値を演算し、主成分分析を実施する。これによって得られる音圧変動指数に関する因子スコア係数を係数f1～f4として用いることができる。具体的には、係数f1～f4として、f1=0.28、f2=0.27、f3=-0.21、f4=0.17を用いることができる。このようにして演算された音圧変動指数TVは総合音質指数演算部7に出力される。

【0089】図19は、本発明の第3の実施の形態における純音変動指数演算部27の一例を示すブロック図である。図中、101はピーク加重平均周波数分散演算部、102はピーク周波数分散演算部、103はPR線形和演算部である。純音変動指数演算部27は、ピーク加重平均周波数分散演算部101、ピーク周波数分散演算部102、PR線形和演算部103を備えている。純音変動指数演算部27は、特に人に感知されやすい純音成分の時間変動及び周波数変動に関わる指標を演算するものであり、ここでは2つの指標、ピーク加重平均周波数分散PR1、ピーク周波数分散PR2を演算する。

【0090】ピーク加重平均周波数分散演算部101は、フレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性A1(f)、A2(f)、...、An(f)が入力され、ピーク加重平均周波数分散を演算して基準化し、ピーク加重平均周波数分散PR1としてPR線形和演算部103に出力する。ピーク加重平均周波数分散は、新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。入力されたフレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性A1(f)、A2(f)、...、An(f)について、

てTV線形和演算部95に出力する。A特性時間波形粗さは、A特性の実効値信号LA(T)から信号の変動を、機械加工精度の計測などで用いられる10点平均表面粗さの定義を用いて表したものである。具体的には、

93、A特性時間波形粗さ演算部94から出力されたA特性SLOW波形分散TV1、最大ピーク値分散TV2、A特性時間波形衝撃度TV3、A特性時間波形粗さTV4はTV線形和演算部95に入力される。TV線形和演算部95は、あらかじめ求められた係数f1～f4に基づき、

各フレーム毎の短時間狭帯域周波数特性からピークを検出する。ピーク検出にはいろいろな方法を用いることができるが、ここでは一例として、周囲レベルからの突出量が2dBを超えるものを検出した。検出されたすべてのピークについて、ピークの近傍の音圧レベルの平均値を基準としてピーク突出量を演算する。各ピークについてピーク周波数にピーク突出量を重みと乗算した値を求め、その値をすべてのピークについて加算し、ピーク数で除算して加重平均周波数を演算する。この加重平均周波数をフレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性すべてについて演算した後、全フレームでの分散を求めたものがピーク加重平均周波数分散である。

【0091】ピーク周波数分散演算部102は、フレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性A1(f)、A2(f)、...、An(f)が入力され、ピーク周波数分散を演算して基準化し、ピーク周波数分散PR2としてPR線形和演算部103に出力する。ピーク周波数分散は、新たに定義された特徴量であり、次のようにして演算される。入力されたフレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性A1(f)、A2(f)、...、An(f)について、各フレーム毎の短時間狭帯域周波数特性からピークを検出する。ここでは周囲レベルからの突出量が2dBを超えるものを検出する。検出されたすべてのピークについて、周波数の値を求めて平均値を演算する。この周波数平均値をフレーム数n個分の短時間狭帯域周波数特性すべてについて演算した後、全フレームでの分散を求めたものがピーク周波数分散である。このピーク周波数分散は、上述のピーク加重平均周波数分散演算部101で演算したピーク加重平均周波数分散と、ピーク突出量による重み付けを行っていない点で異なっている。

【0092】ピーク加重平均周波数分散演算部101、ピーク周波数分散演算部102から出力されたピーク加重平均周波数分散PR1、ピーク周波数分散PR2はPR線形和演算部103に入力される。PR線形和演算部

103は、あらかじめ求められた係数 $g_1$ 、 $g_2$ に基づ

$$PR = g_1 \cdot PR_1 + g_2 \cdot PR_2 \quad \dots (20)$$

により、ピーク加重平均周波数分散 $PR_1$ 、ピーク周波数分散 $PR_2$ の線形和として純音変動指数 $PR$ を演算する。係数 $g_1$ 、 $g_2$ は、例えば一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および稼動状態で生じる音を収録してピーク加重平均周波数分散 $PR_1$ 、ピーク周波数分散 $PR_2$ の値を演算し、主成分分析を実施する。このようにして得られる純音変動指数に関する因子スコア係数を係数 $g_1$ 、 $g_2$ として用いることができる。係数 $g_1$ 、 $g_2$ の具体例として、 $g_1 = -0.58$ 、 $g_2 = -0.56$ を用いることができる。このようにして演算された純音変動指数 $PR$ は総合音質指数演算部7に出力される。

$$\text{総合音質指数} = \alpha_1 \cdot SL + \alpha_2 \cdot HP + \alpha_3 \cdot BN + \alpha_4 \cdot LP + \alpha_5 \cdot LN + \alpha_6 \cdot TV + \alpha_7 \cdot PR \quad \dots (21)$$

により総合音質指数を演算する。そして、演算により求めた総合音質指数を演算結果表示部8に出力する。係数 $\alpha_1 \sim \alpha_7$ は、例えば一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種について、待機状態および稼動状態で生じる音を収録して大きさ指数 $SL$ 、高周波純音指数 $HP$ 、広帯域雑音指数 $BN$ 、低周波純音指数 $LP$ 、低周波雑音指数 $LN$ 、音圧変動指数 $TV$ 、純音変動指数 $PR$ を演算した結果と、それぞれの音について主観的なうるささ、不快さ、耳障り感など評価した官能評価結果を重回帰分析する。そして得られた回帰係数を係数 $\alpha_1 \sim \alpha_7$ として用いることができる。係数 $\alpha_1 \sim \alpha_7$ として、 $\alpha_2$ は $\alpha_1$ の0.2～0.6倍、 $\alpha_3$ は $\alpha_1$ の0.4～0.8倍、 $\alpha_4$ は $\alpha_1$ の0.2～0.3倍、 $\alpha_5$ は $\alpha_1$ の0.3～0.5倍、 $\alpha_6$ は $\alpha_1$ の0.3～0.5倍、 $\alpha_7$ は $\alpha_1$ の0.1～0.4倍とするとい。

【0094】図20は、本発明の第3の実施の形態において算出した総合音質指数と主観的なうるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。上述のように構成された本発明の第3の実施の形態を用いて、一般的な電子写真方式の複写機やプリンタなど30機種の待機状態および稼動状態で生じる音について、総合音質指数を求めるとともに、主観的なうるささ、不快さ、耳障り感などの官能評価を行い、両者の相関を調べた。これにより、図20に示すような結果が得られた。

【0095】図20から分かるように、本発明の第3の実施の形態により算出した総合音質指数は、官能評価値に対して相関係数0.90の非常に高い相関が得られている。上述の図21や図22に示した等価騒音レベルやラウドネスレベルを騒音指標として用いた場合と比較して、相関係数が大きく向上されており、また、図10に示した本発明の第1の実施の形態及び図14に示した本発明の第2の実施の形態と比べても相関係数が向上しており、この第3の実施の形態を用いることにより、人の感覚にさらに適合した良好な音質評価が可能であること

き、

【0093】総合音質指数演算部7には、大きさ指数演算部21から出力される大きさ指数 $SL$ 、高周波純音指数演算部22から出力される高周波純音指数 $HP$ 、および広帯域雑音指数演算部23から出力される広帯域雑音指数 $BN$ とともに、低周波純音指数演算部24から出力される低周波純音指数 $LP$ 、低周波雑音指数演算部25から出力される低周波雑音指数 $LN$ 、音圧変動指数演算部26から出力される音圧変動指数 $TV$ 、純音変動指数演算部27から出力される純音変動指数 $PR$ が入力される。総合音質指数演算部7は、あらかじめ求められた係数 $\alpha_1 \sim \alpha_7$ に基づいて、

が分かる。このように、第3の実施の形態では、第1、第2の実施の形態よりも多くの音響指数を用いて総合音質指数を演算するので、さらに多面的な角度からの音質評価が可能になっている。

【0096】また図20において、丸印で囲んだ評価音は、市場で騒音に関する苦情が生じた複写機あるいはプリンタの騒音データの評価結果である。苦情が生じた音は総合音質指数が0を超えているものばかりである。このことから、総合音質指数が0以下であるような放射騒音の製品であれば、設置環境の静粛性を損なうことのない、音質的に優れた製品であると推定することができる。

【0097】なお、上述の第1ないし第3の実施の形態において、図1や図15に示した構成中、音圧波形前処理部5、音響指数演算部6、総合音質指数演算部7の一部あるいは全部をソフトウェア及びそのソフトウェアを実行するコンピュータによって構成することが可能である。例えば図1における音響指数演算部6の大きさ指数演算部21は、たとえば、等価騒音レベルやラウドネスレベルなどの騒音指数の計算を行う音響解析ソフトウェアにより、また高周波純音指数演算部22は、ピークサーチなどを行う波形・信号解析ソフトウェアにより、さらに広帯域雑音指数演算部23は、たとえば、近似曲線などを求める波形・信号解析ソフトウェアによって、それぞれ構成することが可能である。また、図15に示した低周波純音指数演算部24、低周波雑音指数演算部25、音圧変動指数演算部26、純音変動指数演算部27についても、例えば波形・信号解析ソフトウェアなどによって構成することが可能である。これらのソフトウェア部分は、コンピュータによって読取可能な各種の記録媒体に格納しておくことができる。

【0098】また、上述の第1、第2の実施の形態では音響指数演算部6で演算する音響指数として3つを、また第3の実施の形態では7つを取り上げて説明した。し



かしこれに限らず、第3の実施の形態で追加した4つの音響指数の一部を選択し、あるいは他の音響指数を追加し、4〜6つ、あるいは8つ以上の音響指数を演算して総合音質指数を求めてもよい。

【0099】上述の第1ないし第3の実施の形態として示した本発明の音質評価装置及び音質評価方法を用いて総合音質指数を取得することによって、複写機やプリンタなどの事務機器から放射される騒音の音質を評価することができる。図10、図14、図20に丸印を付して示したように、本発明により得られた総合音質指数が例えば0以上となると苦情が発生する恐れがある。そのため、本発明によって得られる総合音質指数が例えば0以下となるように、事務機器を設計し、製造することによって、事務機器からの放射騒音から人が感じるうるささや不快さが小さく、オフィスや家庭などの設置場所の静粛性を維持することが可能になる。

【0100】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の音質評価装置および音質評価方法によれば、音の大きさだけでなく、音の甲高さ、変動感、重苦しさ、ざらつき感など、騒音の主観的なうるささや不快さに及ぼす影響も考慮した総合音質指数をえることができ、総合的な音質評価が可能になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施の形態を示すブロック図である。

【図2】 聴感補正処理部11の一例を示すブロック図である。

【図3】 時定数処理部12の一例を示すブロック図である。

【図4】 周波数分析部13の一例を示すブロック図である。

【図5】 一般的な電子写真方式のプリンタが稼働中に発生する騒音の周波数分析結果の一例を示すグラフである。

【図6】 一般的な電子写真方式のプリンタが稼働中に発生する騒音の時間波形の一例を示すグラフである。

【図7】 本発明の第1の実施の形態における大きさ指数演算部21の一例を示すブロック図である。

【図8】 本発明の第1の実施の形態における高周波純音指数演算部22の一例を示すブロック図である。

【図9】 本発明の第1の実施の形態における広帯域雑音指数演算部23の一例を示すブロック図である。

【図10】 本発明の第1の実施の形態において算出した総合音質指数と主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。

【図11】 本発明の第2の実施の形態における大きさ指数演算部21の一例を示すブロック図である。

【図12】 本発明の第2の実施の形態における高周波純音指数演算部22の一例を示すブロック図である。

【図13】 本発明の第2の実施の形態における広帯域雑音指数演算部23の一例を示すブロック図である。

【図14】 本発明の第2の実施の形態において算出した総合音質指数と主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。

【図15】 本発明の第3の実施の形態を示すブロック図である。

【図16】 本発明の第3の実施の形態における低周波純音指数演算部24の一例を示すブロック図である。

【図17】 本発明の第3の実施の形態における低周波雑音指数演算部25の一例を示すブロック図である。

【図18】 本発明の第3の実施の形態における音圧変動指数演算部26の一例を示すブロック図である。

【図19】 本発明の第3の実施の形態における純音変動指数演算部27の一例を示すブロック図である。

【図20】 本発明の第3の実施の形態において算出した総合音質指数と主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。

【図21】 等価騒音レベルと主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。

【図22】 ラウドネスレベルと主観的うるささに関する官能評価値との関係を示す散布図である。

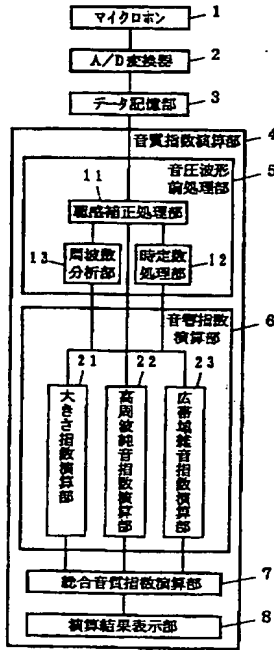
【符号の説明】

1…マイクロホン、2…A/D変換器、3…データ記憶部、4…音質指数演算部、5…音圧波形前処理部、6…音響指数演算部、7…総合音質指数演算部、8…演算結果表示部、11…聴感補正処理部、12…時定数処理部、13…周波数分析部、21…大きさ指数演算部、22…高周波純音指数演算部、23…広帯域雑音指数演算部、24…低周波純音指数演算部、25…低周波雑音指数演算部、26…音圧変動指数演算部、27…純音変動指数演算部、31…A特性フィルタ、32…実効値フィルタ、33…SLOW時定数フィルタ、34…FAST時定数フィルタ、35…狭帯域分析器、36…短時間狭帯域分析器、37…1/3オクターブバンド分析器、38…オクターブバンド分析器、39…臨界帯域分析器、41…ラウドネスレベル演算部、42…会話妨害度演算部、43…累積ピーク平均値演算部、44…会話明瞭度演算部、45…SL線形和演算部、51…加重平均周波数A演算部、52…加重平均周波数B演算部、53…ピーク平均周波数演算部、54…最大突出ピーク周波数演算部、55…HP線形演算部、61…周波数特性傾き演算部、62…累積ピーク分散演算部、63…BN線形和演算部、71…最大ピーク周波数A演算部、72…最大ピーク周波数B演算部、73…最大バンド周波数演算部、74…累積過半バンド周波数演算部、75…LP線形和演算部、81…F特性最大値演算部、82…F特性音圧変動A演算部、83…F特性音圧変動B演算部、84…F特性歪度演算部、85…LN線形和演算部、91…A特性SLOW波形分散演算部、92…最大ピーク値

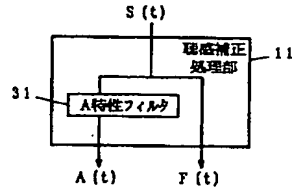
分散演算部、93…A特性時間波形衝撃度演算部、94  
…A特性時間波形粗さ演算部、95…TV線形和演算  
部、101…ピーク加重平均周波数分散演算部、102

…ピーク周波数分散演算部、103…PR線形和演算  
部。

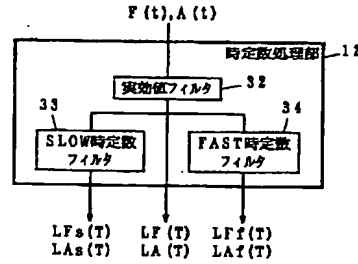
【図1】



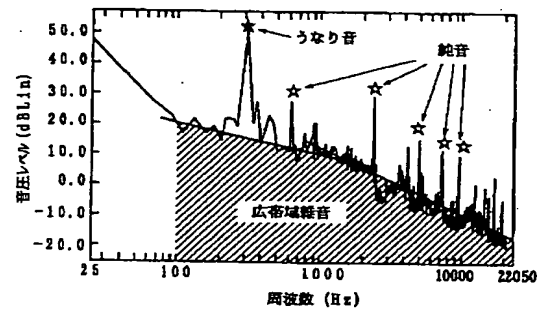
【図2】



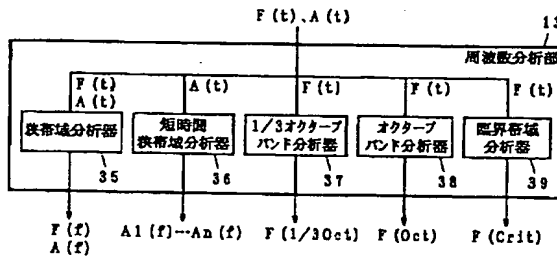
【図3】



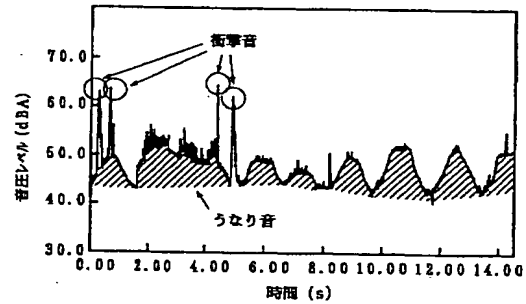
【図5】



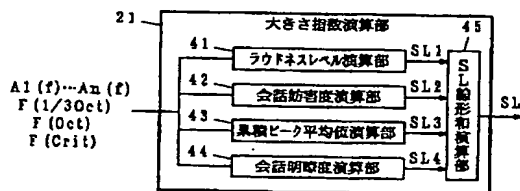
【図4】



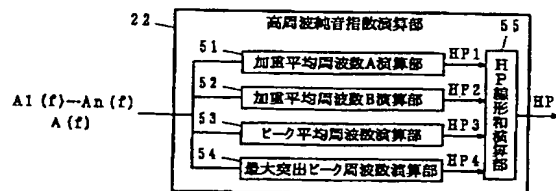
【図6】



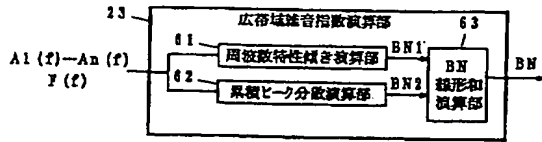
【図7】



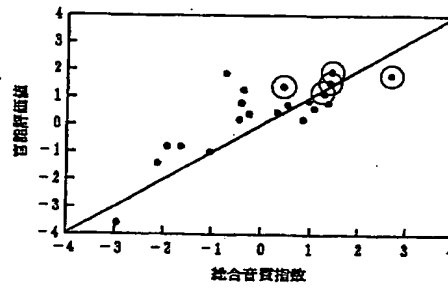
【図8】



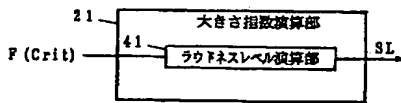
【図9】



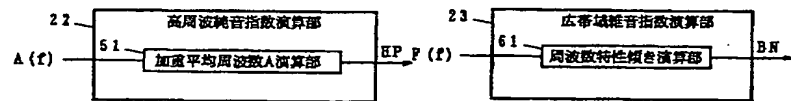
【図10】



【図11】

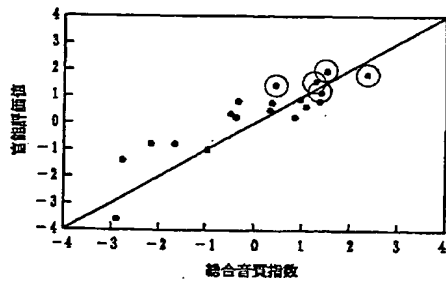


【図12】

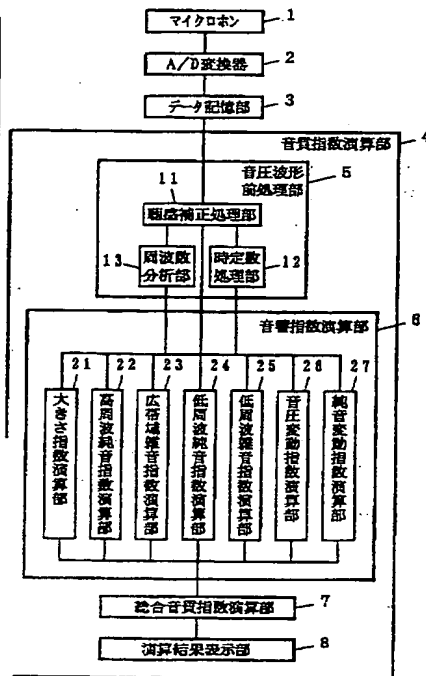


【図13】

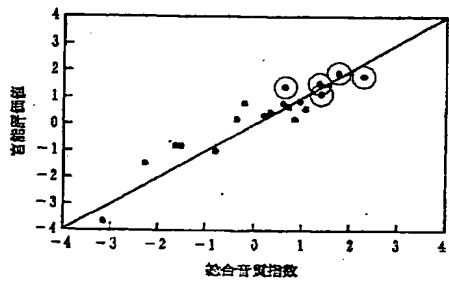
【図14】



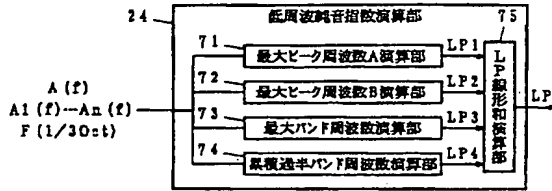
【図15】



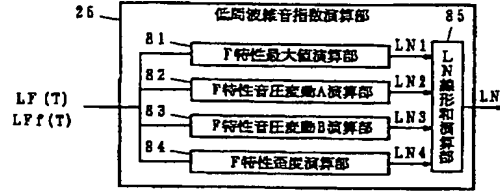
【図20】



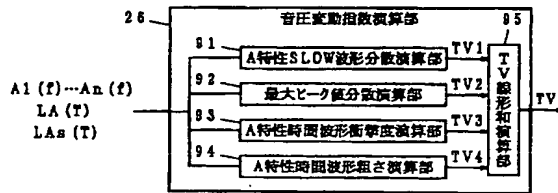
【図16】



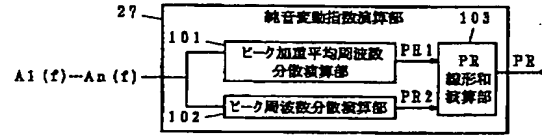
【図17】



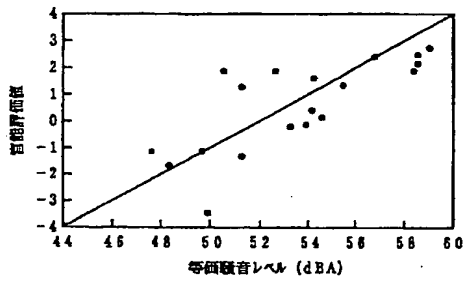
【図18】



【図19】



【図21】



【図22】

